





ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของดิน

มหาวิทยาลัยพระนคร

ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของดิน

1. การวิเคราะห์หาเนื้อดินและขนาดอนุภาคของดิน

เนื้อดินเป็นคุณสมบัติของดินที่แสดงถึงความหยาบความละเอียดของดิน โดยแบ่งคุณภาพออกเป็นประเภทเนื้อดิน (texture class) ต่างๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณของอนุภาคในกลุ่มขนาดต่างๆ ของดิน (soil separate) ที่เป็นองค์ประกอบ ถ้าดินมีปริมาณของกลุ่มขนาดทรายมากก็เป็นประเภทเนื้อหยาบ (coarse textural class) หรือถ้ามีปริมาณของกลุ่มขนาดของดินเหนียวมากก็เป็นประเภทเนื้อละเอียด (fine textural class) หรือถ้ามีปริมาณของกลุ่มขนาดทรายละเอียดและดินเหนียวในปริมาณที่ไม่แสดงสมบัติชัดเจนไปทางด้านทรายหรือดินเหนียวก็เป็นประเภทเนื้อปานกลาง (medium textural class)

เนื่องจากดินเป็นของผสมที่ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ แต่ทั้งนี้เฉพาะสารอนินทรีย์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสมดุลย์ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร หรือที่เรียก "ดินผง" (fine earth) เท่านั้นที่เกี่ยวข้องกับความหยาบ ละเอียดของเนื้อดิน ซึ่งจากการแบ่งกลุ่มขนาดต่างๆ ของอนุภาคดิน เป็นทราย(sand) ทรายแป้ง(silt) และอนุภาคดินเหนียว(clay) และในการจัดว่าปริมาณของกลุ่มขนาดเหล่านี้ในสัดส่วนใด โดยแต่ละสัดส่วนของกลุ่มขนาดที่มีคุณสมบัติคล้ายกันจะจัดเข้ารวมเป็นประเภทเนื้อดินเดียวกัน ดังแสดงในไดอะแกรมสามเหลี่ยมแสดงประเภทเนื้อดิน ดังภาพ 5



ภาพ 5 ไดอะแกรมสามเหลี่ยมแสดงประเภทเนื้อดิน(ที่มา : กรมวิชาการเกษตร. 2536)

การจำแนกประเภทเนื้อดินสามารถกระทำได้ทั้งในทางเชิงคุณภาพ โดยอาศัยความรู้สึกจากการสัมผัสเนื้อดินด้วยมือ และในทางเชิงปริมาณโดยอาศัยการวิเคราะห์หาปริมาณของอนุภาคขนาดต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

การประเมินเนื้อดิน โดยทางเชิงคุณภาพนั้นนิยมใช้กันทั่ว ๆ ไปในไร่นาและในงานสำรวจและจำแนกดินในสนาม วิธีนี้จะต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญมากพอสมควร จึงจะสามารถวินิจฉัยได้ถูกต้องว่าเนื้อดินที่ตรวจสอบเป็นประเภทใดแน่ หลักการประเมินเนื้อดินโดยทางเชิงคุณภาพนั้นสามารถปฏิบัติได้ดังนี้คือ ให้นำดินร่อนผ่านตะแกรงเนื้อดิน ซึ่งเป็นสามเหลี่ยมที่ดัดแปลงมาให้ป็นรูปร่างๆ ไม่ซับซ้อน ประกอบด้วยประเภทเนื้อดินหลักสามประเภทใหญ่ๆ คือ เนื้อดินที่สามารถคลึงให้เป็นเส้นยาวกว่า 1 นิ้ว เมื่อมีความชื้นพอหมาดๆ รู้สึกเหนียวติดมือเมื่อเป็ยกใกล้อมตัว และแข็งมากเมื่อแห้ง เป็นประเภทเนื้อดินที่เรียกว่า clays ถ้าคลึงได้เป็นเส้นยาวไม่เกิน 1 นิ้ว นุ่มและลื่นเมื่อชื้น แข็งปานกลางเมื่อแห้งเรียกว่า clay loams และถ้าคลึงเป็นเส้นไม่ได้เลยแต่รู้สึกนิ่มมือก็จัดอยู่ในพวก loam ถ้าสากมือก็เรียกว่า sand

การวิเคราะห์หาเนื้อดินโดยวิธีเชิงปริมาณเป็นการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเชิงกลของดินหมายถึงการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของการกระจายอนุภาคอินทรีย์ที่อยู่ในลักษณะปฐมภูมิต่างๆ ในตัวอย่างดิน วิธีวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเชิงกลของดินนั้นมีด้วยกันหลายวิธี เช่น

วิธีร่อนด้วยตะแกรง (Sieving method) ใช้แยกอนุภาคกลุ่มขนาด sand เท่านั้น

วิธีใช้แรงเหวี่ยงขนาดต่างๆ ในเครื่องเหวี่ยง (Centrifugal method) ใช้วิเคราะห์แยก

อนุภาคขนาด clay

วิธีให้อนุภาคจมในน้ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก (Sedimentation method) ใช้ได้ดีกับอนุภาคกลุ่มขนาด clay และ silt ปัจจุบันนี้นิยมใช้วิธีให้อนุภาคจมในน้ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก โดยใช้กฎของสโตก (Stoke's law) ในการคำนวณ ซึ่งให้ค่าที่ถูกต้องได้สำหรับอนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 0.06 มม. เท่านั้นและวิธีที่นิยมใช้ปฏิบัติกันมากที่สุด มี 2 วิธี คือ วิธีไปเปต และวิธีไฮโดรมิเตอร์

ก. วิธีไปเปต (pipette method) โดยใช้ไปเปต ดูดสารแขวนลอยของดินที่อนุภาคกำลังจมน ระดับความลึกที่กำหนดให้ในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งจะทำให้ทราบค่าความเข้มข้นของสารแขวนลอยของดินในขณะนั้น

ข. วิธีไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer method) เป็นวิธีวัดความเข้มข้นของสารแขวนลอยดินภายหลังระยะเวลาที่กำหนด ด้วยไฮโดรมิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับวัดความเข้มข้นของอนุภาคดินที่กำลังแขวนลอยรอบๆ กะเปาะไฮโดรมิเตอร์โดยตรง

การวิเคราะห์หาปริมาณของอนุภาคขนาดต่างๆ ของดินโดยวิธีให้อนุภาคจมน้ำนั้นจะได้ค่าที่ถูกต้องใกล้เคียงความจริงที่สุดจำเป็นต้องทำให้อนุภาคแต่ละอนุภาคของดินอยู่ในลักษณะของอนุภาคปฐมภูมิเสียก่อน และแขวนลอยแยกจากกันได้อย่างเอกเทศในน้ำนั้นหมายความว่า จะต้องทำลายสารเชื่อมต่างๆ ที่เป็นตัวดูดยึดอนุภาคปฐมภูมิต่างๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งสารเชื่อมเหล่านั้นมักได้แก่อินทรีย์วัตถุในดิน หินปูนต่างๆ เป็นต้น

หลังจากทำลายสารเชื่อมต่างๆ แล้ว จึงใช้วิธีป้องกันไม่ให้อนุภาคปฐมภูมิที่แขวนลอยในน้ำนั้น เกาะรวมตัวกันใหม่อีกครั้งโดยใส่สารบางอย่างที่มีอิทธิพลทำให้สารแขวนลอยของดินอยู่ในลักษณะการกระจายจากกันเป็นเอกเทศอย่างสมบูรณ์ และมีความเข้มข้นสม่ำเสมอโดยตลอดในภาชนะที่บรรจุสารแขวนลอยนั้นๆ

โดยหลักการที่ใช้ปฏิบัติเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของอนุภาคขนาดต่างๆ ตามวิธีหลัก 2 วิธีที่ได้กล่าวแล้วข้างต้นนั้น หากพิจารณาจากหลักการด้านทฤษฎี จะเห็นว่าวิธีไปเปตจะให้ผลที่ถูกต้องแน่นอนและละเอียดแม่นยำกว่าวิธีไฮโดรมิเตอร์มาก แต่อย่างไรก็ตามวิธีไฮโดรมิเตอร์ก็นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะสามารถให้ข้อมูลที่เชื่อถือได้พอสมควร สะดวกรวดเร็ว และง่ายต่อการปฏิบัติมากกว่าวิธีไปเปต ฉะนั้นในบทปฏิบัติการเบื้องต้นนี้จึงมุ่งเสนอวิธีร่อนด้วยตะแกรงเพื่อแยกอนุภาคขนาดทราย (0.05-2.00 มม.) ควบคู่ไปด้วยเพื่อให้นักศึกษาได้เห็นและสัมผัสอนุภาคขนาดทรายเป็นต้นๆ ที่ประกอบอยู่ในดินและเปรียบเทียบดูว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับวิธีที่ใช้ไฮโดรมิเตอร์หรือไม่

อุปกรณ์

- ตัวอย่างดินที่ทราบประเภทเนื้อดินแล้วประมาณ 6-8 ตัวอย่าง
- ตัวอย่างดินที่ยังไม่ทราบประเภทเนื้อดินประมาณ 6-8 ตัวอย่าง
- ตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. แล้ว
- ไฮโดรมิเตอร์
- เครื่องปั่นของเหลวด้วยไฟฟ้า
- ถ้วยโลหะใช้กับเครื่องปั่น
- กระบอกแก้วขนาดความจุ 1,000 cm³
- เครื่องมือสำหรับกวนสารแขวนลอยหรือจุกยางเบอร์ 13
- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 30 cm³
- สารละลายแคลกอนเข้มข้น 5%
- เทอร์โมมิเตอร์
- ปีกเกอร์ขนาด 600 cm³

- จานแก้วแบนหรือเพตริดิช (petridish)
- เตาไฟฟ้าแบบแผ่นความร้อน (hot plate)
- ตะแกรงขนาด 300 เมตร (0.05มม.)
- อะซิโตนหรือแอลกอฮอล์
- ขวดบีบน้ำ

วิธีการ

1. ฝึกหัดใช้รูปสามเหลี่ยมจำแนกเนื้อดิน

1.1 ในการใช้รูปสามเหลี่ยมจำแนกเนื้อดินนั้น ให้ใช้ชื่อกลุ่มในรูปสามเหลี่ยมมาตรฐานเป็นหลักในการเรียกชื่อเมื่อทราบปริมาณของ sand, silt และ clay ว่ามีอยู่อย่างละกี่เปอร์เซ็นต์ก็ลากเส้นจากจุดที่บอกปริมาณของ sand, silt และ clay บนด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมโดยลากให้ขนานกับด้านฐาน (ด้านที่เริ่มเปอร์เซ็นต์ศูนย์ของ sand, silt และ clay ตามลำดับ) เส้นทั้ง 3 จะตัดกันที่จุดๆ หนึ่งภายในรูปสามเหลี่ยม ถ้าจุดตัดนั้นตกอยู่ในกรอบที่ระบุประเภทเนื้อดินประเภทใดก็แสดงว่าเนื้อดินนั้นเป็นประเภทเนื้อดินที่เรากำลังพิจารณา

1.2 หากจุดตัดตกบนเส้นกรอบที่ระบุประเภทเนื้อดิน 2-3 ประเภทก็ให้เลือกเนื้อดินที่ละเอียดกว่าเป็นประเภทเนื้อดินที่ถูกต้อง

1.3 ทำการพิจารณาประเภทเนื้อดินตามที่อาจารย์ผู้สอนกำหนด องค์ประกอบเป็นเปอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay ให้โดยฝึกใช้รูปสามเหลี่ยมที่ 1 ตามวิธีการที่แสดงเป็นตัวอย่าง แล้วบันทึกผลลงในตารางรายงานผลปฏิบัติการท้ายบท

2. วิธีการประเมินเนื้อดินโดยวิธีสัมผัส (feel method)

2.1 หาประสบการณ์ในการสัมผัสอนุภาคดินปฐมภูมิประเภทต่างๆ โดยทำให้หัวแม่มือและนิ้วชี้เปียก แล้วจุ่มลงในภาชนะบรรจุอนุภาคปฐมภูมิประเภททราย ซิลต์ และดินเหนียว ทำทีละประเภท เสร็จจากสัมผัสอนุภาคดินประเภทหนึ่งแล้วให้ล้างนิ้วให้สะอาดก่อนที่จะสัมผัสประเภทอื่นต่อไป

สังเกตดูว่าเมื่อบีบอนุภาคดินเหล่านั้นแล้วจะมีความรู้สึกต่อไปนี้หรือไม่

อนุภาคขนาดทราย : ไม่เหนียวเหนอะหนะ แต่รู้สึกสากนิ้วมือเมื่อบีบอนุภาคดิน

ซิลต์ : ไม่เหนียวเหนอะหนะ รู้สึกนุ่มเนียนนิ้วมือคล้ายแป้งเมื่อบีบ

อนุภาคดิน

ดินเหนียว : เหนียวเหนอะหนะ และมีความยืดหยุ่นดี

2.2 หาประสบการณ์ในการสัมผัสตัวอย่างดินที่ทราบประเภทเนื้อดินแล้ว เริ่มจากดินเนื้อละเอียดไปหาดินเนื้อหยาบ ทำเป็นขั้นตอนดังนี้

ก. ตัวอย่างดินใส่อุ้งมือประมาณ 1 ซ้อนชา หยดน้ำลงดินอย่าให้แฉะเกินไปแต่ให้พอที่จะคลึงเป็นแท่งเล็กๆ ด้วยหัวแม่มือและนิ้วชี้ได้

ข. พิจารณาจากความยาวของแท่งดินว่า เนื้อดินนั้นเข้าข่ายกลุ่มของเนื้อดินประเภท clay, clay loam หรือ loam

ค. ตรวจสอบดินอีกครั้งหนึ่งโดยการสัมผัส ถ้ามีความรู้สึกที่ดินสากเป็นพิเศษให้เรียกเนื้อดินโดยเติมคำว่า sandy หรือถ้าดินมีความนุ่มเนียนเป็นพิเศษให้เติมคำว่า silty หน้าประเภทเนื้อดินที่ทำการศึกษาแล้วในข้อ ข. ถ้าตัวอย่างดินไม่ให้ความสากหรือนุ่มเป็นพิเศษให้เรียกเป็น clay, clay loam หรือ loam ตามที่ตรวจสอบแล้วในข้อ

ง. ตัวอย่างดินที่ไม่เกาะตัวเป็นก้อน แยกตัวเป็นเม็ดเดี่ยวๆ เมื่อบีบแฉะและอาจรวมตัวกันอย่างหลวมๆ เมื่อบีบ เป็นดินที่มีเนื้อดินประเภททราย sand

2.3 ตรวจสอบตัวอย่างดินที่ไม่ทราบประเภทเนื้อดินมาก่อน ตามที่อาจารย์ผู้สอนกำหนดให้ แสดงผลของการตรวจสอบลงในตารางผลปฏิบัติการท้ายบท

3. วิธีการวิเคราะห์เนื้อดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์และแยกอนุภาคทราย ด้วยตะแกรงขนาด 300 เมตร

3.1 การกำจัดสารเชื่อมอนุภาคดิน : กระทำเพื่อกำจัดสารเชื่อมโดยเฉพาะอินทรีย์วัตถุเพื่อให้ดินอยู่ในสภาวะปฐมภูมิอินทรีย์เท่านั้น

ก. บรรจุดิน 120 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มล. แล้วเติมน้ำกลั่น 150 มล. แกว่งเบาให้ดินกับน้ำผสมกันอย่างทั่วถึง แล้วเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 30 % ครึ่งละประมาณ 10 มล. หลายๆ ครั้ง จนกระทั่งฟองเกิดขึ้นไม่รุนแรงมาก จึงนำบีกเกอร์ไปวางบนแผ่นความร้อนอุณหภูมิ 100°C เพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์เร็วขึ้น

ข. หลังจากไม่มีฟองก๊าซเกิดขึ้นอีกต่อไป นำบีกเกอร์บรรจุดินนี้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105°C - 110°C น้ำหนักคงที่ (ประมาณ 24 ชม.) แล้วยกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็นในขวดโหลดูดความชื้น

3.2 การเตรียมตัวอย่างดินให้อยู่ในสภาพแขวนลอย

ก. ชั่งตัวอย่างดินซึ่งผ่านขั้นตอน แล้วเป็นจำนวน 50 กรัมถ้าดินเป็นดินเนื้อละเอียด หรือใช้ดินจำนวน 100 กรัม ถ้าเป็นดินเนื้อหยาบ ถ่ายดินลงใน Erlenmeyer flask โดยใช้กรวยช่วย (หากดินมีอินทรีย์วัตถุน้อยมาก ก็ไม่จำเป็นต้องกำจัดอินทรีย์วัตถุ)

ข. เติมน้ำกลั่น 100 มล. และสารละลายแคลกอนจำนวน 25 มล. ลงใน flask ปิดจุกยาง แล้วเขย่าอย่างดีเพื่อให้ดินผสมน้ำอย่างทั่วถึง แล้วล้างเศษดินที่ติดตามผนังด้านในของ flask ด้วย น้ำกลั่นจากขวดบีบน้ำ

ค. ถ่ายตัวอย่างดินลงในถ้วยโลหะที่ใช้กับเครื่องปั่น เติมน้ำลงไปจนถึง 2/3 ของขอบถ้วย แล้วปั่นด้วยไฟฟ้าเป็นเวลา 2 นาที

ง. ถ่ายตัวอย่างดินลงในกระบอกแก้วชนิดค่อยๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงในสารแขวนลอย เติมน้ำกลั่นลงในกระบอกแก้วจนถึงขีดระดับ 1130 มล. สำหรับตัวอย่างดิน 50 กรัม และถึงขีดระดับ 1205 มล. ถ้าใช้ตัวอย่างดิน 100 กรัม

จ. ยกไฮโดรมิเตอร์ออกจากกระบอกแก้ว ปิดกระบอกแก้วด้วยจุกยาง เขย่าดินในกระบอกแก้วโดยมือหนึ่งจับด้านของกระบอกแก้ว และอีกมือหนึ่งประคองที่ก้นเขย่าดินในกระบอกแก้วโดยมือหนึ่งจับด้านของกระบอกแก้ว และอีกมือหนึ่งประคองที่ก้นเขย่ากลับปอกกลับมา 2-3 ครั้ง หรืออาจใช้วิธีการใดก็ได้ที่สามารถทำให้สารแขวนลอยดินมีเนื้อกระจายสม่ำเสมอที่สุด

ฉ. บรรจุวางกระบอกแก้วบรรจุสารแขวนลอยดิน ลงบนโต๊ะปฏิบัติการเริ่มบันทึกเวลา เป็นวินาที และเมื่อ 20 วินาทีผ่านไปค่อยๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงในสารแขวนลอยพยายามอย่าให้ไฮโดรมิเตอร์ เคลื่อนที่ขึ้นลงในของเหลว บันทึกค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์เมื่อครบ 40 วินาที ลงในตารางรายงานผลปฏิบัติการทำยบท

ช. ยกไฮโดรมิเตอร์ออกจากกระบอกแก้ว แล้ววัดอุณหภูมิสารแขวนลอยด้วยเทอร์โมมิเตอร์ จดบันทึก

ซ. บันทึกค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์และอุณหภูมิสารแขวนลอยเมื่อครบ 7 ชั่วโมง 7 นาที (อาจสมมุติเพียง 2 ชั่วโมง เพื่อให้เสร็จทันเวลาปฏิบัติการ) บันทึกข้อมูลลงในตาราง

ฌ. คำนวณโดยปรับอุณหภูมิของสารแขวนลอยเพื่อให้ค่าที่อ่านได้ถูกต้องแล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์อนุภาคของทราย ซิลท์ และดินเหนียว ในตัวอย่างดินตามวิธีคำนวณ และระบุประเภทเนื้อดินจากรูปสามเหลี่ยมจำแนกประเภทเนื้อดิน

3.3 การคำนวณ

ก. เนื่องจากการใช้ไฮโดรมิเตอร์ต้องใช้วัดสารแขวนลอยที่ได้ควบคุมอุณหภูมิให้ถูกต้องตามที่ระบุไว้บนก้านไฮโดรมิเตอร์ เมื่อใช้กับอุณหภูมิที่แตกต่างไปจำเป็นต้องปรับค่าที่อ่านได้สำหรับอุณหภูมิขณะทดลองให้ถูกต้องโดยใช้สมการ

$$R = R^* + 0.36 (T - C)$$

เมื่อ R = ค่าความเข้มข้นของสารแขวนลอยที่ถูกต้อง (กรัม ลิตร⁻¹)

R^* = ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากการทดลอง (กรัม ลิตร⁻¹)

T = ค่าอุณหภูมิของสารแขวนลอย (°C)

C = ค่าอุณหภูมิที่ระบุบนก้านของไฮโดรมิเตอร์ (°C)

คำนวณเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคขนาดต่างๆ จาก

$$\% \text{ silt} + \% \text{ clay} = \frac{\text{ค่าอ่านถูกต้องที่ 40 วินาที} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างดิน}}$$

$$\% \text{ clay} = \frac{\text{ค่าอ่านถูกต้องที่ 7 ชั่วโมง 7 นาที} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างดิน}}$$

$$\% \text{ silt} = (\% \text{ silt} + \% \text{ clay}) - \% \text{ clay}$$

$$\% \text{ sand} = 100 - (\% \text{ silt} + \% \text{ clay})$$

3.4 แยกอนุภาคทราย (sand, 0.05-2.00 มม.) ด้วยตะแกรงขนาด 300 เมตร

ก. หลังจากบันทึกค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์ เมื่อครบ 7 ชั่วโมง 7 นาที และวัดอุณหภูมิเรียบร้อยแล้ว ค่อยๆ รินสารแขวนลอยของอนุภาคดินเหนียว (clay) ที่ตกลงในถังน้ำที่จัดไว้ให้จนเกือบหมด พยายามอย่าให้อนุภาคที่จมแล้วลอยกลับขึ้นมา

ข. เติมน้ำลงในกระบอกแก้วประมาณครึ่งกระบอก แล้วคนให้อนุภาคดินที่จมอยู่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 2 นาที แล้วจึงค่อยๆ รินส่วนที่แขวนลอยทิ้งไป

ค. ถ่ายสารแขวนลอยดินจากกระบอกแก้วลงในตะแกรงขนาด 300 เมตรที่ติดตั้งบนกรวยสำหรับถ่ายน้ำทิ้งลงในถังได้ ใช้ขวดบีบน้ำพร้อมกับใช้แปรงยางชะล้างอนุภาคดินเหนียว และ silt ให้แยกจากอนุภาคทรายจมน้ำที่ชะล้างผ่านตะแกรงนั้นไป

ง. ถ่ายอนุภาคทรายที่ค้างบนตะแกรงลงในจากแก้วที่เตรียมไว้ให้หมด ใช้ขวดบีบน้ำช่วยพร้อมกับรินน้ำที่มากเกินไปทิ้งแล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105-110°C เป็นเวลา 24 ชม. จนแห้งสนิทชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักอนุภาคทรายและคำนวณเปอร์เซ็นต์ sand ที่ได้ลงในตารางรายงานผลท้ายบท แล้วเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยไฮโดรมิเตอร์

2. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดินโดยใช้ pH meter

อุปกรณ์

1. pH meter
2. beaker 100 ml
3. แท่งแก้ว

สารเคมี

1. pH 4 buffer solution : ละลาย 10.12 g anhydrous potassium biphthalate ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) ในน้ำกลั่นแล้วทำเป็น 1 ลิตร เก็บสารละลายไว้ในตู้เย็น
2. pH 7 buffer solution : ละลาย 1.361 g anhydrous potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4) และ 1.420 g anhydrous disodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) สารเคมีทั้งสองอย่างนี้ต้องอบที่อุณหภูมิ $110 - 130^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงละลายสารเคมีด้วยน้ำกลั่นที่ต้มเป็นเวลา 15 นาที และทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำให้เป็น 1 ลิตรเก็บสารละลายไว้ในตู้เย็น

วิธีการ

ใช้ดิน : น้ำ 1 : 1 โดยซึ่งดินซึ่งผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มม.หนัก 20 กรัม ใส่ beaker ขนาด 100 ml เติมน้ำกลั่น 20 ml ใช้แท่งแก้วคนให้ดินและน้ำเข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ในขณะที่วางทิ้งไว้ให้คนดินเป็นครั้งคราว ก่อนวัด pH ต้องปรับ pH meter ด้วย buffer solution pH 4 และ pH 7 ก่อนแล้ว จึงดำเนินการวัด pH ของตัวอย่างดิน

3. การวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุ ที่พบอยู่ในดินเป็นสารประกอบที่ซับซ้อนมาก ซึ่งเกิดจากการเน่าเปื่อยของซากพืชและสัตว์ นอกจากนั้นยังรวมถึงเซลล์ของจุลินทรีย์ตลอดถึงสารที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้นด้วย องค์ประกอบทางเคมีของอินทรีย์วัตถุในดิน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารพวกคาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส สารประกอบโปรตีน และไขมัน เป็นต้น อินทรีย์วัตถุในดินจะเกี่ยวข้องกับการดูดซับน้ำ และประจุบวก ช่วยส่งเสริมให้เม็ดดินจับตัวเป็นก้อน ลดความหนืดของดิน

หลักการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดินนั้น เนื่องจากธาตุคาร์บอน เป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุ และมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงจึงนิยมหาปริมาณคาร์บอนเป็นตัวแทนในการหาอินทรีย์วัตถุ ซึ่งในการวิเคราะห์ครั้งนี้จะใช้วิธี โดยวิธีการวิเคราะห์ที่มีดังนี้

1. อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.1 Analytical balance

1.2 Erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร

1.3 Burette 50 มิลลิลิตร

1.4 Burette holder

1.5 Cylinder 100 มิลลิลิตร

1.6 Volumetric pipette 10 มิลลิลิตร 20 มิลลิลิตร

1.7 Magnetic stirrer

1.8 Volumetric flask 1000 มิลลิลิตร

2. สารเคมี

2.1 Standard 1 N potassium dichromate โดยการนำ $K_2Cr_2O_7$ ที่อบแห้ง ด้วยอุณหภูมิ $105^{\circ}C$ นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 49.04 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

2.2 0.5 N ferrous sulfate เตรียมโดยละลาย $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ จำนวน 140 กรัม ในน้ำกลั่น ประมาณ 800 มิลลิลิตร แล้วเติมกรด H_2SO_4 ที่เข้มข้นลงไป 40 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันไม่ให้ Fe^{+2} Oxidized เป็น Fe^{+3} ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 ลิตร standardize สารละลาย ferrus sulfate ด้วย $K_2Cr_2O_7$ 10 มิลลิลิตร

2.3 O – phenopthralin ferrous complex เตรียมโดยนำ O – phenopthralin 0.47 กรัม และ ferrous sulfate 0.35 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

2.4 H_2SO_4 เข้มข้น

3. วิธีการ

ชั่งตัวอย่างดินที่ละเอียดผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 1 กรัม ใส่ในลงใน 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 10 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ ให้เข้ากันดี แล้วเติม กรด ที่เข้มข้นลงไป 20 มิลลิลิตร (เติมค่อยๆ แก่งเบาๆ ไปด้วย) ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 200 มิลลิลิตร แล้วเติม O – phenopthralin ferrous complex จำนวน 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำ

ไปไตรเตรทด้วย จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง บันทึกปริมาตรสารละลาย แล้วนำไปคำนวณ

สูตรการคำนวณ

$$\text{ปริมาณสารอินทรีย์} = \frac{(\text{มิลลิลิตร } K_2Cr_2O_7 \times N_{K_2Cr_2O_7}) - (\text{มิลลิลิตร } FeSO_4 \times N_{FeSO_4}) \times 1.724}{\text{นน.ดินตัวอย่าง (กรัม)}}$$

4. การวิเคราะห์หาความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation exchange capacity)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. 125, 250 ml Erlenmayer Flask
2. 100, 500 ml Volumetric Flask
3. 20 ml Volumetric pipett
4. Cylinder 100 ml
5. Beaker 100, 500, 1000 ml
6. Kjeldahl distillation apparatus

สารเคมีและน้ำยา

1. 1 N, Ammonium acetate (NH_4OAc) pH 7.0 เตรียมโดยใช้ NH_4OH 68 ml ทำให้เจือจางในน้ำประมาณ 500 ml เติม acetic acid 56.5 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 L (หรือเตรียมโดยละลาย Ammonium acetate 77.0 g ในน้ำกลั่นประมาณ 900 ml ปรับ pH ด้วย Ammonia solution ให้เป็น pH 7.0 แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 L ใน Volumetric Flask
2. Ethyl alcohol 95 %
3. Ammonium chloride (NH_4Cl), 1 N : ละลาย NH_4Cl 53.5 g ในน้ำกลั่น 800 ml แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 L แล้ว ปรับ pH = 7.0 ด้วย NH_4OH หรือ NH_4OAc ที่เจือจาง
4. Ammonium chloride (NH_4Cl), 0.25 N : ละลาย NH_4Cl 13.375 g ในน้ำกลั่น 800 ml แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 L แล้ว ปรับ pH = 7.0 ด้วย NH_4OH หรือ NH_4OAc ที่เจือจาง
5. Diluted ammonium hydroxide , ใช้ NH_4OH เข้มข้น ผสมน้ำ อัตราส่วน 1:1

6. Acidified sodium chloride 10 % : ละลาย NaCl 100 g ในน้ำกลั่น 1000 ml หยด conc. HCl 0.5 ml (เขย่าให้ทั่วถึง)

7. Sodium hydroxide 10 N , ชั่ง NaOH 400 g ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตร เป็น 1 L

8. Mixed indicator : ละลาย bromocresol green 0.033 g และ methyl red 0.165 g ใน ethanol 50 ml

9. Boric acid-indicator solution 2 % : ละลาย Boric acid (H_3BO_3) ในน้ำร้อน ประมาณ 700 ml ที่งไว้ให้เย็น เทใส่ Volumetric Flask 1000 ml ที่บรจุ (Ethanol 200 ml) เติม Mixed indicator 20 ml เขย่าให้ของผสมเข้ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 L แล้วนำไปปรับ pH 5.0 ด้วย 0.05 N NaOH

10. Standard sulfuric acid (H_2SO_4) : 0.1 N , Pipett conc. H_2SO_4 5.6 ml ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 L

11. Standard sulfuric acid (H_2SO_4) : 0.02 N , โดยการ ทำ Dilute Standard sulfuric acid (H_2SO_4) : 0.1 N

วิธีการใช้เครื่อง Centrifuge

1. Leaching step.

ชั่งดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. จำนวน 5.0 g ลงใน Elenmayer flask 125 ml เติม 1 N, Ammonium acetate (NH_4OAc) pH 7.0 ลงไป 30 ml เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแบบ Reciprocal นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำไป centrifuge นาน 5 นาที รินสารละลายใส่ที่ง นำดินตะกอนที่เหลือไปเติม 1 N, Ammonium acetate (NH_4OAc) pH 7.0 ลงไป 25 ml เขย่า และ centrifuge เช่นเดียวกับครั้งแรก แล้วทำซ้ำอีก 1 ครั้ง

2. Washing step

ชะล้างตะกอนดินที่เหลือ อยู่ใน centrifuge tube ด้วย

2.1 Ammonium chloride (NH_4Cl) , 1 N 25 ml จำนวน 4 ครั้ง

2.2 Ammonium chloride (NH_4Cl) , 0.25 N 25 ml อีก 1 ครั้ง

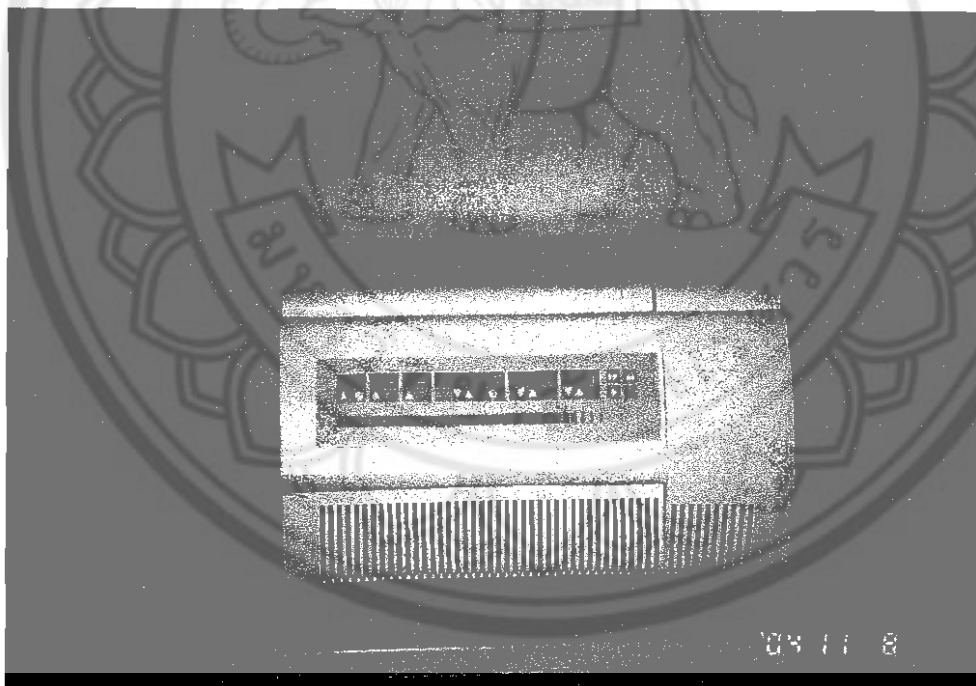
2.3 แล้วชะล้างด้วย alcohol 95 % 25 ml อีก 3 ครั้ง

3. Replacing step

ตะกอนดินใน centrifuge tube นำไปเติม Acidified sodium chloride 10 %: 25 ml
เขย่าให้เข้ากันแล้ว centrifuge เติสารละลายใส่เก็บไว้ใน Volumetric flask ขนาด 100 ml โดยทำ
เช่นนี้อีก 3 ครั้ง สารละลายใส่ที่รินได้มีปริมาตรรวมกันได้ประมาณ 90 ml ปรับปริมาตรด้วย
Acidified sodium chloride 10 % เป็น 100 ml

4. Analysing step

Pipett สารละลายที่ได้จากข้อ 3 จำนวน 20 ml ใส่ใน Kjeldahl flask ของชุดกลั่น ใน
ส่วนปลายของก้าน condenser จะจุ่มอยู่ในสารละลาย Boric acid-indicator solution 2 % :20
ml ซึ่งบรรจุไว้ใน Erlenmeyer flask 250 ml แล้วเติมต่าง 10 N NaOH จำนวน 5 ml แล้วนำไป
ไทเทรตด้วย 0.02 N H_2SO_4 บันทึกปริมาตรของกรดที่ใช้ จากนั้นนำไปคำนวณหาค่า CEC ของดิน
ต่อไป จะต้องทำ Blank ด้วยทุก Set ของการกลั่น



ภาพ 6 เครื่อง Centrifuge

5. การหาปริมาณความต้องการปูนของดิน (lime requirement)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. สารละลาย Ca(OH)_2

ละลาย CaO 1.0 กรัม หรือ Ca(OH)_2 1.5 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจาก CO_2 (โดยการต้มไล่ CO_2) แล้วทำให้ปริมาตร 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดที่มีฝาปิดสนิท ตั้งทิ้งไว้ค้างคืนเพื่อให้ส่วนที่ไม่ละลายตกตะกอน แล้วดูดเอาเฉพาะส่วนที่ใสมาใส่ขวดที่ปราศจาก CO_2 เก็บไว้ใช้งาน (ทำการ standardized เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายนี้ ด้วย potassium hydrogen phthalate, $\text{HK(C}_8\text{H}_4\text{O}_4)$ โดยใช้ phenolphthalein เป็น indicator)

2. เครื่องวัด pH

3. Beaker ขนาด 250 มล. จำนวน 8 beakers

วิธีการ

ซึ่งตัวอย่างดินที่ต้องการหา lime requirement จำนวน 10 กรัม ใส่ใน beaker ขนาด 250 มล. จำนวน 8 beakers เติมสารละลาย Ca(OH)_2 ลงในแต่ละ beaker ในอัตราส่วนดังนี้ 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มล. แล้วเติม chloroform ลงไปในแต่ละ beaker จำนวน 0.5 มล. (เพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ดำเนินกิจกรรมได้) เติมน้ำกลั่นลงไปในแต่ละ beaker ให้มีปริมาตรขั้นสุดท้ายเป็น 100 มล. เท้ากันหมดทุก beaker คนสารละลายให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน (ให้คนสารละลายในช่วงนี้วันละ 2 ครั้ง) พอครบกำหนดแล้วให้นำสารละลายเหล่านี้มาวัด pH แล้วนำข้อมูลมาเขียน titration curve เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับปริมาณของ Ca(OH)_2

จาก curve ให้คำนวณหาค่าความต้องการปูนของดินนี้ (CaCO_3) เมื่อต้องการยกระดับ ให้สูงขึ้นเป็น 7.0

ตัวอย่างการคำนวณ

สมมุติดินตัวอย่าง 10 กรัม ต้องการ Ca(OH)_2 ที่มีความเข้มข้น 0.04 จำนวน V มล. เพื่อให้ดินนี้มี pH เป็น 7.0 ให้หา lime requirement ของดินนี้ (กำหนดให้ ดิน 1 ไร่หนัก 312,000 กก.)

ดิน 1 ไร่หนัก = 312,000,000 กรัม

ดิน 10 กรัม ต้องการ = $0.04 \text{ N} \times V =$ meq

= geq

= $0.04 \times V \times 50/1000$ geq of CaCO_3

ดิน 1 ไร่ (312000000 กรัม) ต้องใช้ $\text{CaCO}_3 = 0.04 \times V \times 50 \times 312,000,000/1000 \times 10$ กรัม

= กิโลกรัม

สูตร lime requirement = $N \times V \times W / 20 \times S$ (kg of CaCO_3 rai⁻¹)

N = normality of $\text{Ca}(\text{OH})_2$

V = volume of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ used raise pH up to requirement level

W = weight of rai soil (kg)

S = weight of soil sample used in lime requirement (g)

6. การวิเคราะห์หาปริมาณและแคดเมียมในดิน

การวิเคราะห์หาแคดเมียมในดิน ทำการวิเคราะห์โดยใช้ Diethylene triamine penta acetic acid (DTPA) เป็นตัวสกัดซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. สารเคมี/อุปกรณ์

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1.1 น้ำกลั่น DI | จำนวน 1 ลิตร |
| 1.2 DTPA | จำนวน 1.967 กรัม(0.005 โมล) |
| 1.3 Triethanolamine (TEA) | จำนวน 14.92 กรัม(0.1 โมล) |
| 1.4 $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | จำนวน 1.47 กรัม(0.01 โมล) |
| 1.5 1 : 1 N HCl | จำนวนเล็กน้อยเพื่อปรับ pH |
| 1.6 Volumetric flask 1,000 มิลลิลิตร | จำนวน 1 ใบ |
| 1.7 ตัวอย่างดินที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อนดิน ขนาด 2 มิลลิเมตร | จำนวน 5 กรัมต่อ |
- ครั้ง กรณีดินที่ยังไม่ได้ดูดซับแคดเมียม ส่วนดินที่ผ่านการดูดซับแคดเมียมแล้วใช้ 0.5 กรัม
- | | |
|--|-----------------------|
| 1.8 Flask ขนาด 50 มิลลิลิตร | จำนวน 1 ใบ/ตัวอย่าง |
| 1.9 พาราฟิล์ม สำหรับปิดปาก Flask | |
| 1.10 กระดาษกรองเบอร์ 42 | จำนวน 1 แผ่น/ตัวอย่าง |
| 1.11 ปีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร | จำนวน 1 ใบ/ตัวอย่าง |
| 1.12 ขวดพลาสติกใส่ตัวอย่างน้ำขนาด 60 มิลลิลิตร | จำนวน 1 ใบ/ตัวอย่าง |

2. วิธีการ

2.1 เตรียมสารละลาย DTPA โดยนำสารเคมีในข้อ 1.2 1.3 และ 1.4 ลงใน 1.6 ละลายด้วยน้ำกลั่น 1.1 จำนวน 20 มิลลิลิตร เมื่อสารละลายหมดแล้ว ปรับปริมาตรให้เป็น 900 มิลลิลิตร ด้วย 1 ปรับ pH ด้วยสาร 1.5 ให้ได้ pH 7.30 ± 0.05 แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร(สามารถเก็บไว้ใช้นานหลายเดือน)

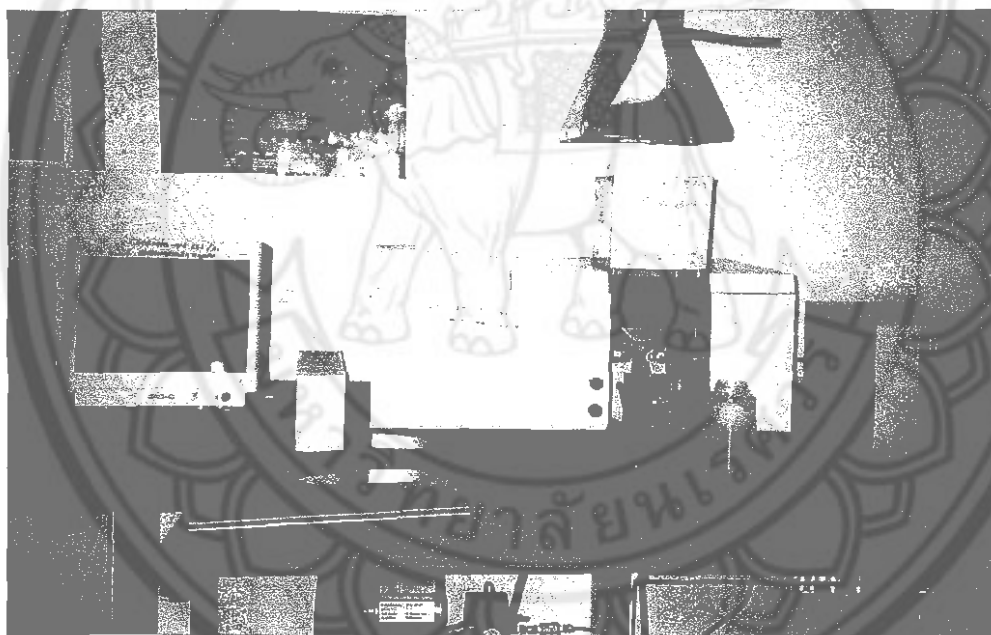
2.2 เตรียมตัวอย่างดิน โดยนำดินตัวอย่างที่จะทำการตรวจวิเคราะห์หาแคดเมียม (1.7) ซึ่งตากแห้ง ที่อุณหภูมิห้อง ใส่ใน 8 และน้ำยา DTPA จำนวน 25 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วย 1.9 นำเข้าเครื่องเขย่า ความเร็ว 120 รอบ/นาทีเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำสารละลายไปกรองด้วย 1.10 ใส่ใน 1.11 นำสารละลายที่กรองได้ใส่ใน 12 ปรับ pH ด้วย 1.5 ให้ได้น้อยกว่า 2 นำเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C

3. การวิเคราะห์และแปลผล

นำเข้าเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) เพื่ออ่านผล

4. การคำนวณ

$$\text{ppm of nutrients} = \frac{\text{ppm from curve} \times \text{extracted volum} \times \text{dill. factor}}{\text{wt. of soil}}$$



ภาพ 7 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

7. การวัดความชื้นในดิน (Gravimetric method)

อุปกรณ์

1. ตู้อบซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้ 100-110 °c
2. เครื่องชั่ง
3. desiccator
4. ขวดชั่งหรือ metal can ที่มีฝาปิด

วิธีการ

ชั่งดิน 1-100 กรัม ใส่ในขวดชั่งหรือ can ที่รู้น้ำหนักแน่นอน แล้วนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 °c เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จึงนำออกมาเก็บใน desiccator เมื่อเย็นแล้วชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน

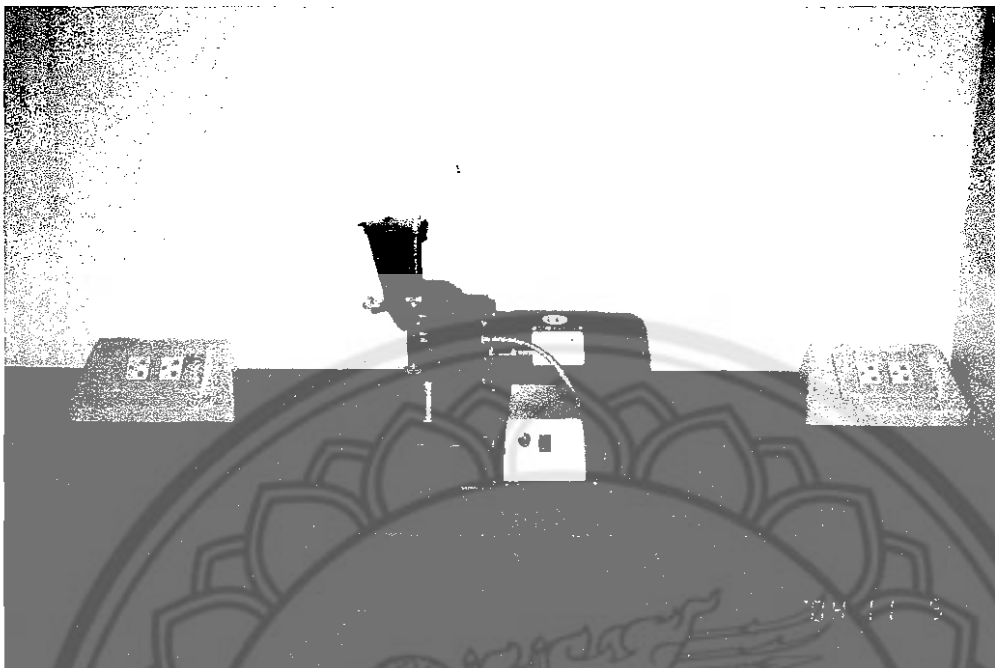
การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{นน. ดินก่อนอบ} - \text{นน. ดินหลังอบ}}{\text{นน. ดินหลังอบ}} \times 100$$



ภาพ 8 เครื่องย่อยไนโตรเจน





ภาพ 9 เครื่องบดละเอียด





ภาคผนวก ข
ค่ามาตรฐาน

มหาวิทยาลัยพระเชตุвр

ภาคผนวก ข
ค่ามาตรฐาน

ตาราง 16 ระดับของธาตุที่ถือเป็นค่าปกติที่พบได้ในดินและพืชทั่วไป และค่าวิกฤตในดินที่ทำให้
เกิดความเป็นพิษต่อพืชและคน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

ธาตุ	ความเข้มข้นในระดับปกติ		ค่าวิกฤตในดิน	เป็นพิษต่อ
	ดิน	พืช		
สารหนู	0.1 - 50	0.1 - 5	20 - 40	คน, พืช
โบรอน	2 - 100	30 - 75		
แคดเมียม	0.1 - 2	0.2 - 0.8	1 - 3	คน
ทองแดง	2 - 100	4 - 15		
ฟลูออไรด์	30 - 300	2 - 20		
ตะกั่ว	0.1 - 30	0.1 - 10	70 - 300	คน, สัตว์
ปรอท	0.1 - 1	n.a.	2	คน
นิกเกิล	2 - 50	1	50 - 100	พืช (คน)
สังกะสี	3 - 50	15 - 200	300 - 500	พืช

ที่มา : ศุภมาศ (2540)

ตาราง 17 โลหะหนักและจุลธาตุ พร้อมทั้งรูป (forms) ทางเคมีที่พบในดิน รวมทั้งปริมาณความเข้มข้นโดยเฉลี่ย

ธาตุ	รูปทางเคมีในดิน	ปริมาณ (มก./กก.)
เหล็ก	Fe^{2+} , Fe^{3+}	10,000 – 100,000
แมงกานีส	Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+}	200 – 3,000
สังกะสี	Zn^{2+}	10 – 300
ทองแดง	Cu^{2+}	10 – 20
แคดเมียม	Cd^{2+}	0.5 – 2
ปรอท	Hg^{2+}	0.1 -3
ตะกั่ว	Pb^{2+}	2 - 100

ที่มา : วารสารดินและปุ๋ย (2541)

ตาราง 18 โลหะหนักชนิดต่างๆ และสารพิษต้องห้ามที่พบปนเปื้อนอยู่ในกากตะกอนจากโรงงาน
บำบัดน้ำเสียสี่พระยา กรุงเทพฯ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกากตะกอนเกรด A
และเกรด B ของประเทศเยอรมัน

โลหะหนัก	โรงบำบัดน้ำเสียสี่แยก พระยา	กากตะกอนเกรด A*	กากตะกอนเกรด B**
	มก./กก. กากตะกอนแห้ง		
แคดเมียม	1	3	85
ตะกั่ว	142	200	840
ปรอท	8	1.5	5.7
ทองแดง	1,452	200	4,300
สังกะสี	1,652	250	7,500
นิกเกิล	92	60	420
โครเมียม	138	400	3,000
โมลิบดีนัม	-	4	75
ซิลิเนียม	-	3	100
อาร์ซีนิก	-	20	75
ดีดีที (DDT) ทั้งหมด	-	1.0	5
พีซีบี (PCB) ทั้งหมด	-	1.0	1

* ตะกอนเกรด A ให้ใช้เพื่อการเกษตร (พืชที่ปลูกเป็นอาหาร)

** ตะกอนเกรด B ให้ใช้กับพื้นที่ทั่วไป ยกเว้นพื้นที่เพื่อการเกษตร

ที่มา : วารสารดินและปุ๋ย (2541)

ตาราง 19 ปริมาณโลหะหนักที่อนุญาตให้พืงมีได้ในดินของประเทศอังกฤษ และปัจจุบันได้เป็นที่
ยอมรับเกณฑ์มาตรฐานนี้ได้หลาย ๆ ประเทศ ในกลุ่มสหภาพยุโรป

โลหะ	ปริมาณในดิน มก./กก.ดิน
สังกะสี	300
ทองแดง	100
โครเมียม	100
นิกเกิล	50
ตะกั่ว	100
แคดเมียม	3
ปรอท	1
อาร์ซีนิค	10
ซีลีเนียม	3

ที่มา : วารสารดินและปุ๋ย (2541)

ตาราง 20 ปริมาณโลหะหนักที่อนุญาตให้มีปนเปื้อนในดิน โดยกำหนดจาก C.E.C ของดินเป็นหลัก (USEPA, 1983)

โลหะ กก./เฮกแตร์	CEC ของดิน (meq/100 g soil)		
	5	5-15	> 15
ตะกั่ว	560	1,120	22,120
สังกะสี	280	560	1,120
ทองแดง	140	280	560
นิกเกิล	5	10	20
แคดเมียม	4.4	8.9	17.8

ที่มา : วารสารดินและปุ๋ย (2541)



ตาราง 21 ปริมาณโลหะหนักที่อนุญาตให้มีปนเปื้อนในดินได้สูงสุด โดยพิจารณาจากค่าของความ
เป็นกรด-ด่างของดินเป็นหลัก (USEPA, 1983)

โลหะ มก./กก. ดิน	ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)		
	5-5.5	5.5-6	6-7
สังกะสี	200	250	300
ทองแดง	80	100	135
นิกเกิล	50	60	75
ตะกั่ว	-	300	-
แคดเมียม	-	3	-
ปรอท	-	1	-

ที่มา : วารสารดินและปุ๋ย (2541)





ภาคผนวก ค

ภาพแสดงการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

มหาวิทยาลัยสุรินทร์

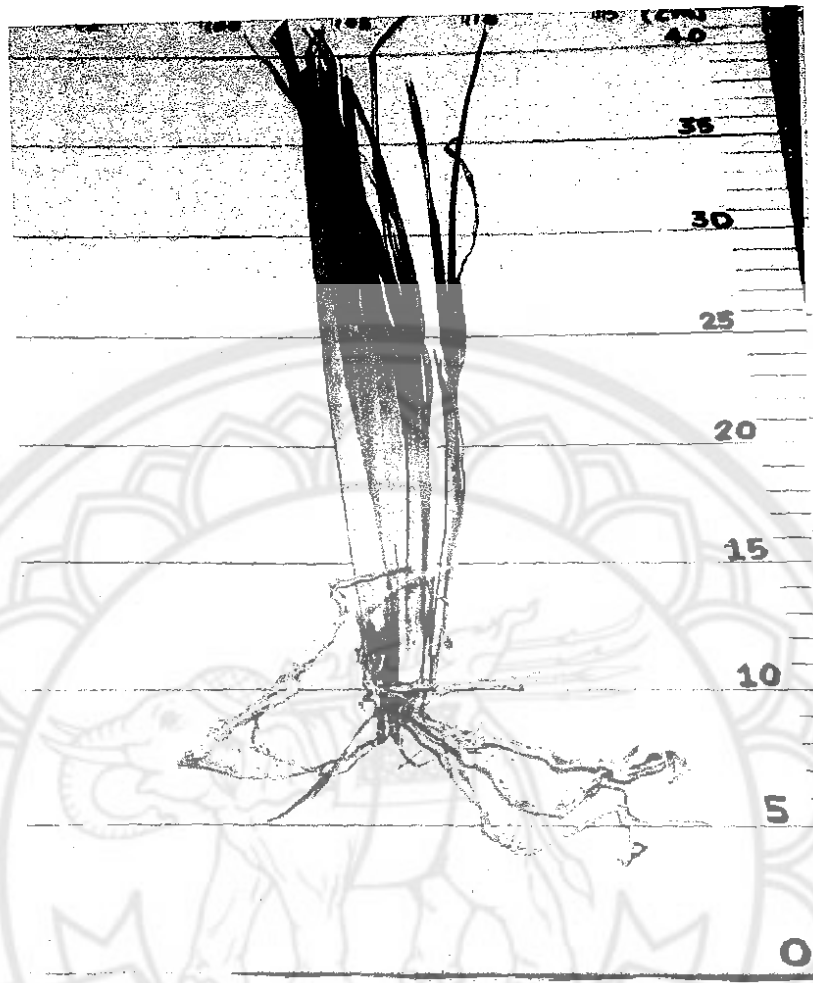
ภาคผนวก ค
ภาพแสดงการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก



ภาพ 10 หญ้าแฝก 5 สายพันธุ์ ปลูกลงในดิน 2 ชุดดิน ระยะเวลา 30 วัน



ภาพ 11 หน้าแฝกสายพันธุ์นครสวรรค์ ปลุกในดินชุดท่าเรือ



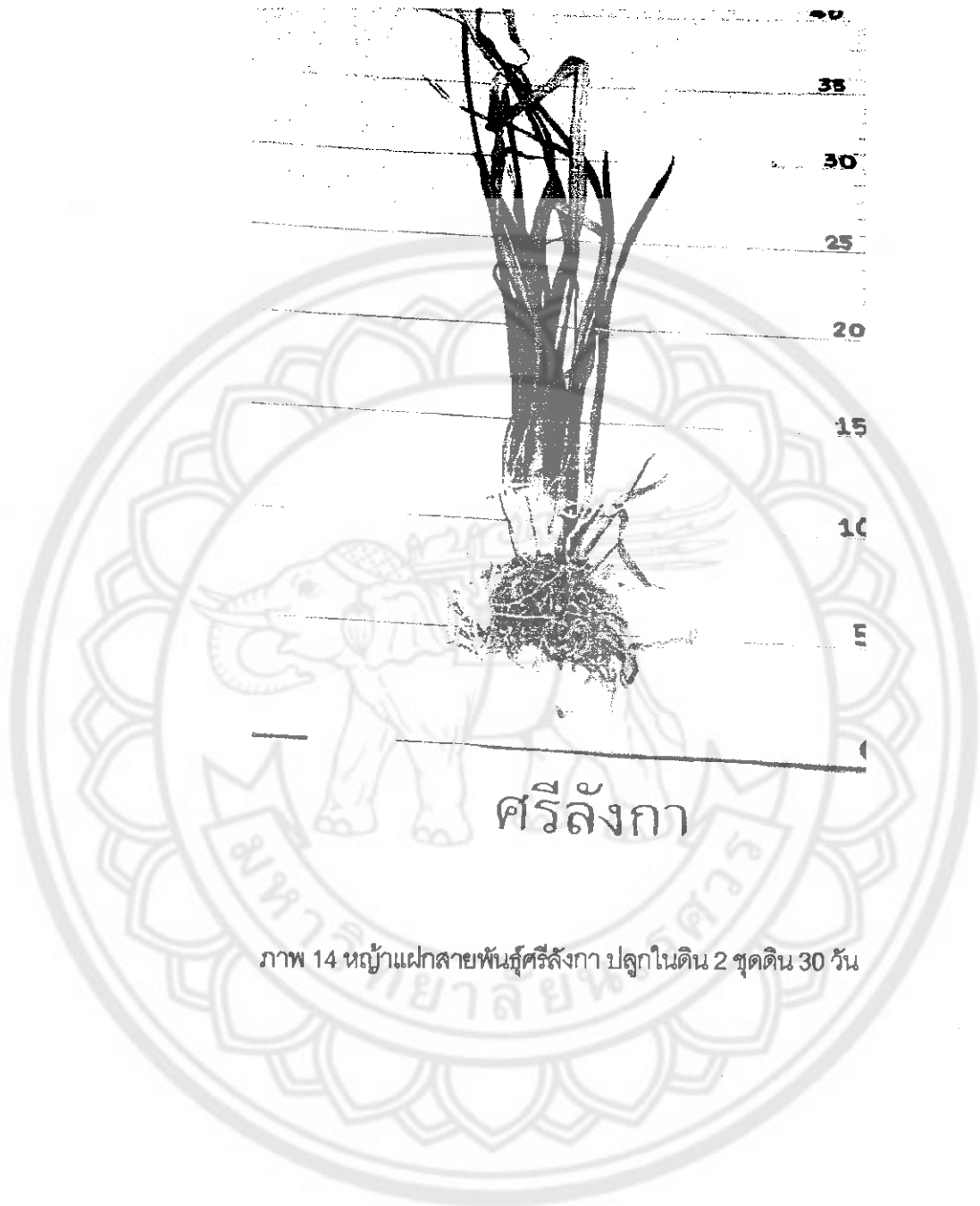
อินเดี๋ยพระราชทาน

ภาพ 12 หน้าแฝกสายพันธุ์อินเดี๋ยพระราชทาน ปลูกลงดิน 2 ชุดดิน ระยะเวลา 30 วัน



เลย

ภาพ 13 หญ้าแฝกสายพันธุ์เลย ปักในดิน 2 ชุดดิน 30 วัน



ศรีลังกา

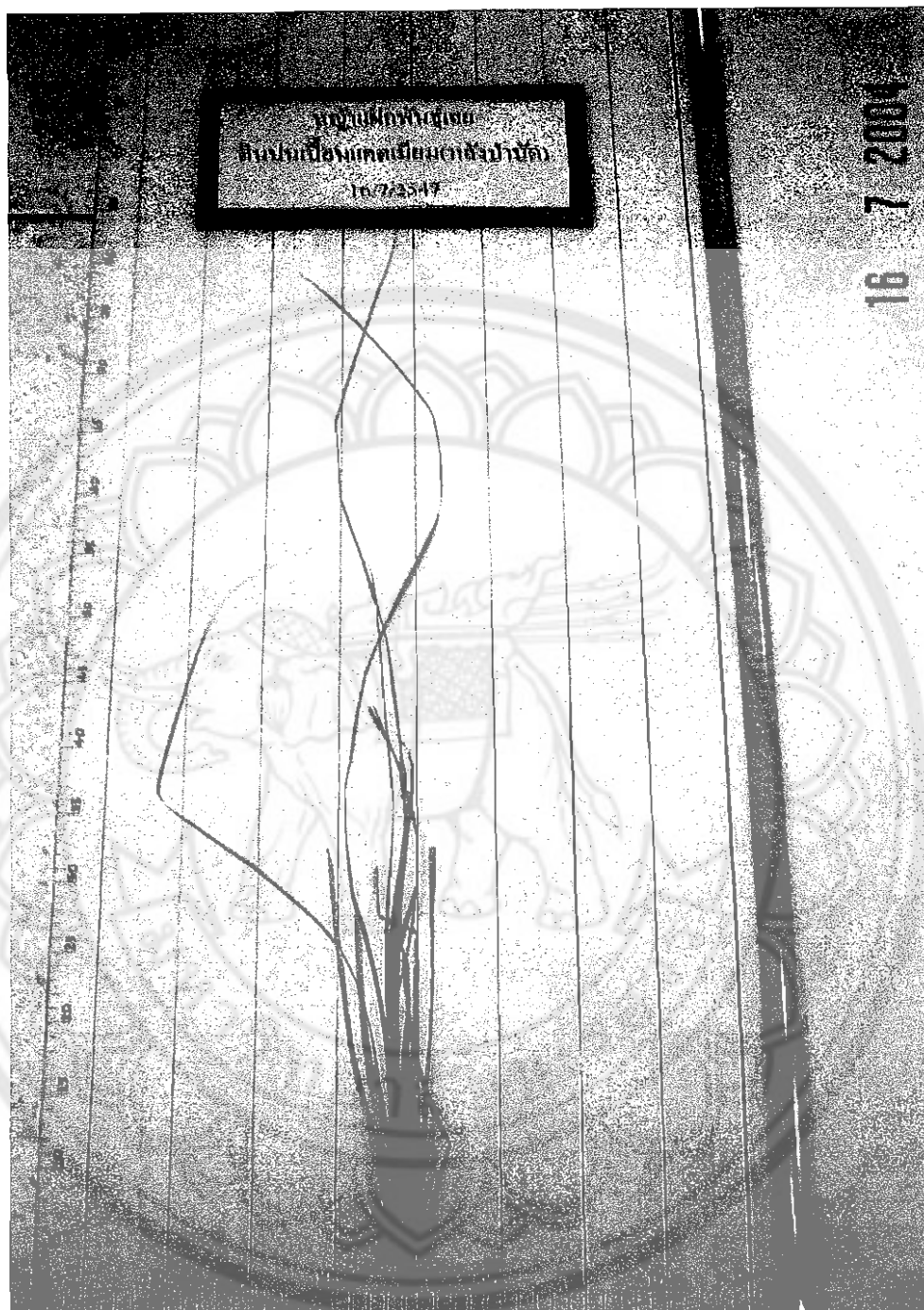
ภาพ 14 หน้ําแผกสายพันธุ์ศรีลังกา ปลุกในดิน 2 ชุดดิน 30 วัน



ประจวบคีรีขันธ์

ภาพ 15 หญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ปลูกลงในดิน 2 ชุดดิน 30 วัน





ภาพ 17 หญ้าแฝกสายพันธุ์เลย ปลูกในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม 90 วัน



ภาคผนวก ง
แผนที่แสดงจุดดินทำเรือและอุบล

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

